

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

C07K 14/765

C12N 1/19

//C12N1/19, C12R1:

84

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98110844.X

[43]公开日 1999 年 11 月 24 日

[11]公开号 CN 1235981A

[22]申请日 98.5.15 [21]申请号 98110844.X

[71]申请人 中国科学院上海生物化学研究所

地址 200031 上海市岳阳路 320 号

共同申请人 上海第一生化药业公司

[72]发明人 袁中一 邱荣德 吴祥甫

李士云 夏其昌 储瑞藻

[74]专利代理机构 上海医药专利事务所

代理人 王 巍

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 人血清白蛋白在毕赤酵母中的表达与纯化

[57]摘要

本发明涉及一种人血清白蛋白在毕赤氏酵母(Pichia pastors)中的表达与纯化方法。本发明的方法特征在于重组表达质粒 pPKQ-HSA 的构建和表达 HSA 的高效分离纯化。用该方法获得的样品纯度高于 99%。

ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1、一种高表达人血清白蛋白的巴斯德毕赤酵母重组细胞的构建表达和纯化方法，其特征在于该方法包括下列步骤：

一、人血清白蛋白 cDNA 的获得：

(1)人胚肝细胞总 RNA 的抽提

按照 Trizol RNA 抽提试剂盒推荐方法，从中国人胚肝细胞中抽提总 RNA；

(2)pre-HSA cDNA 合成和 PCR 体外扩增

根据已知天然 HSA 基因 5'和 3'端序列，设计引物：

引物 1：5'CGGAATTCTTATAAGCCTAAGGCAGC 3'

引物 2：5'CGGGATCCACCATGAAGTGGGTAACCTTTATTTC 3'

以抽取的人肝白细胞总 RNA 为模板，反转录合成人血清白蛋白 pre-HSA cDNA，

(3)所构建的基因 5'端 *Bam*HI 位点与 ATG 之间插入了一段 Kozak 序列 5'CCACC3'，3'端紧接基因的终止密码含一 *Eco*RIa 位点。

二、HSA 在巴斯德毕赤酵母 (*Pichia pastoris*) 中的表达

(1)重组表达质粒 pPKQ-HSA 的构建：

将 PUC19-HSA 克隆载体中 pre-HSA 基因片段用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切下，1%琼脂糖电泳分离，并用酚/氯仿回收。将约 2Kb 的 pre-HSA 基因回收片段与用相同酶切的 pPIC3.5K 表达载体连接，转化 *E.coli* TG1 感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA。所得质粒 DNA 用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切鉴定出重组质粒 pPKQ-HSA。

(2)表达质粒 pPIC9-HSA 和 pPIC9k-HSA 的构建

设计引物：

引物 3：

5'CGCTCGAAAAGGGATTTGGGAGAAGAAAATTTCAAA 3'

用引物 3 和引物 1 从 PUC19-HSA 上 PCR 扩增 HSA cDNA 片段，酚/氯仿抽提 PCR 产物后，用 *Xho*I 和 *Eco*RI 酶切回收。再与用相同酶切的 pPIC9 质粒连接，转化 *E.coli* TG1 感受态细胞。涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA。所得质粒 DNA 用 *Xho*I 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定重组质粒 pPIC9-HSA，

取 4 个经 *Xho*I 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定的重组克隆，制备高纯度质粒 DNA，采用 5'AOX1 primer 和 3'AOX1 primer (Invitrogen)，测定重组质粒 HSA cDNA 两端序列。结果有三个含完全正确的阅读框。经测序验证的 pPIC9-HSA 质粒用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 酶切并回收含 HSA 基因片段，与相同酶切的 pPIC9-HSA 质粒用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 酶切并回收含 HSA 基因片段，与用相同酶切的 pPIC9k 质粒连接，转

碱裂解法制备质粒 DNA，所得质粒 DNA 用 *XhoI* 和 *EcoRI* 双酶切鉴定得重组质粒 pPIC9k-HSA。

(3) 重组质粒 pPKQ-HSA 转化毕赤酵母细胞 GS115(his4Mut⁻)

将构建的重组表达质粒 pPKQ-HSA 和 pPIC9k-HSA 用 *SaII* 或 *BglII* 酶切线性化。同时将空载 pPIC3.5k 和 pPIC9k 质粒相同酶切线性化，酚/氯仿抽提回收并溶解于无菌水中。按照 Invitrogen, Pichia Expression Kit Instruction Manual (Version E) 方法电转化 GS115 细胞，涂布含不同浓度 G418 的 YPD 平板，获得不同 G418 抗性的阳性克隆，经 MD 平板验证 his⁺ 表型获得 GS115/HSA 重组克隆 S1B119。

(4) 重组克隆 *pichia pastoris* GS115/HSA S1B119 株细胞的表达

将筛选出的 GS115/HSA 重组细胞接种 3ml YPD 试管，30℃ 300rpm 培养过夜，再以 0.2% ~ 0.5% 接种量接种 50ml BMGY, 30℃、300rpm 培养至 OD₆₀₀ 4~7。离心收集菌体悬于 15ml 含甲醇的 BMMY 培养液中，置 20-30℃ 摇床诱导培养，每 24hr 加甲醇到 0.5ml/L。定时取样，经 4℃ 离心，上清加入 PMSF 至 1mM，-20℃ 冻存；

三、表达 HSA 的分离纯化

(1) 中空纤维柱

将 2L 低密度诱导发酵液除细胞后用截留分子量 10KDa-50KDa 的中空纤维柱除去低于 50KDa 的杂质并使浓缩到 0.2L 浓缩液。HSA 收率为 95%；

(2) 脱色浓缩发酵液经 50℃ 保温后，加入 3% 活性炭或 732 等脱色树脂处理 10 分钟后离心除去，得脱色浓缩液；

(3) pharose 疏水柱分离

浓缩发酵液或脱色浓缩液中加入固体 (NH₄)₂SO₄ 至 20% 并流过 (NH₄)₂SO₄ 平衡的 Phenyl-Sepharose 柱，上样后用平衡液洗涤至流出液 OD₂₈₀ < 0.01 后改用水洗脱，收集用水洗脱的 HSA 蛋白，收率为 95%；

(4) 亲和层析除杂蛋白

① 无 HSA 发酵液抗血清 - Sepharose 制备：由 1 所得浓缩发酵液经抗 HSA 抗体 - Sepharose 除去 HSA。流出液为无 HSA 发酵液，按发明人论文[徐俊等，生物工程学报 1993, 9(1)69-73]方法将无 HSA 发酵液制得的抗血清，通过醛基结合于 Sepharose；

② 疏水层析纯化得到的水洗脱峰通过“无 HSA 发酵液的抗血清”亲和柱，收集未吸附的蛋白峰为 HSA，回收率 ≥ 98%；

(5) 超滤脱盐

将亲和层析漏出蛋白峰经截留分子量 10KDa 中空纤维或超滤膜组件中脱盐。可得纯度 ≥ 99% 的 HSA，回收率 ≥ 98%；

2005.27

(6)真空冷冻干燥

将脱盐后的 HSA 溶液真空冷冻干燥得到 HSA 样品。

2、一种用于权利要求 1 所述方法的菌种 CGMCC No 0349。

人血清白蛋白在毕赤酵母中的表达与纯化

本发明涉及基因工程药物,具体涉及高表达人血清白蛋白的巴斯德毕赤酵母 (*Pichia pastoris*) 重组细胞的构建、表达和高度纯化。

人血清白蛋白 (Human Serum Albumin, HSA) 是血浆中最重要的蛋白质成分之一,其含量约占血浆总蛋白的 60%,具有维持血液渗透压和携带血液中多种配基(包括脂肪酸、氨基酸、类固醇、金属离子及药物)与组织进行交换等生理功能。临床医疗中用于手术输血和危重病人补液,治疗创伤烧伤休克、发烧、水肿和大出血,又能增强人体抵抗能力,是重要的临床药物。但由于人血来源有限,又因爱滋病及肝炎的蔓延及检测与技术的原因,对 HSA 药物的制备提出了更高的要求,如何用基因重组细胞制备 HSA 取代人血源 HSA,阻止爱滋病、肝炎病毒的传染成为众所瞩目的研究方向。

八十年代以来,国际上许多公司尝试通过基因工程开发 HSA, HSA 基因已被引入细菌、酵母、放线菌、植物以及动物进行表达。

(Goodey, A.R., TIBTECH 1993, 8(11):430-433) 大肠杆菌表达 HSA 的量为细胞蛋白的 7%,但大分子 HSA 含有大量二硫键,使体外折叠极难完成,未能得到有生物功能的蛋白,细菌细胞壁脂多糖造成热源反应,结果不很理想。HSA 在面包酵母和工业酵母中的表达量为 1% 细胞总蛋白,为胞内表达,虽无热源物质,但 LAL (Limulus Amoebocyte Lysate) 检验不合格。在众多努力中发现 HSA 基因在巴斯德毕赤酵母 (*Pichia pastoris*) 的表达为细胞外分泌型,人们在努力寻求高效表达及高度纯化 [Prevatt, W.D. et al., 1994 US Pat. 5330901 Ohmura, T. et al., 1995, US Pat. 5440018 Ohda, T. et al., 1997 US Pat. 5612197 Sreekrishna, K. et al. 1998, US Pat. 5707828] 鉴于 HSA 需求量极大,纯度要求极高,更高表达量的重组细胞的构建和高效、简单、大规模易工业化的纯化工艺极为必要。

本发明的目的在于克服上述不足,运用所构建的巴斯德毕赤酵母重组细胞进行高水平的外分泌表达 HSA。运用所建立的高效分离纯化工艺获得高纯度的 HSA。

本发明所用材料及来源:

DNA 合成试剂盒、Klenow 片段多聚酶和所有使用的内切酶均为 GIBCO BRL 公司产品。pPIC9、*Pichia pastoris* GS115(his4 Mut⁺) 为 Invitrogen 公司产品, DNA 序列测定试剂盒和 Trizol RNA 抽提试剂盒购自 Promega 公司, YNB (W/O amino acid) 购自 DIFCO 公司。

本发明提供了一种高表达人血清白蛋白的巴斯德毕赤酵母重组细胞的构建、表达和高效纯化方法,该方法包括下列步骤:

一、中国人血清白蛋白 cDNA 的获得:

1、人肝白细胞总 RNA 的抽提

按照 Trizol RNA 抽提试剂盒推荐方法,从中国人胚肝细胞中抽提总 RNA;

2、pre-HSA cDNA 合成和 PCR 体外扩增

根据已知天然 HSA 基因 5'和 3'端序列,设计引物:

引物 1: 5'CGGAATTCTTATAAGCCTAAGGCAGC 3'

引物 2: 5'CGGGATCCACCATGAAGTGGGTAACCTTTATTTCC 3'

以抽取的人肝白细胞总 RNA 为模板,按照 DNA 合成试剂盒推荐的方法,通过引物 1 和引物 2 反转录合成成人血清白蛋白 pre-HSA cDNA。

3、PCR 合成 pre-HSA cDNA 的序列验证

按照 klenow 聚合酶推荐使用方法,将回收的 PCR 产物用 klenow 片段聚合酶补平。酚/氯仿回收补平产物。将补平的 PCR 产物与 *Sma*I 酶切的 PUC19 载体平端连接,所得连接产物转化 *E.coli* TG1 感受态细胞,涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA,所得质粒 DNA 用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定出重组质粒 PUC19-HSA。然后使用 PUC19 载体上引物-W40 和 W1,测定 pre-HSA 两端序列。再根据已知正确序列设计引物测定剩余部分序列,最后得到一个序列与天然 HSA 基因基本一致的克隆。序列的部分核苷酸有改变,但氨基酸序列与天然 HSA 完全一致。pre-HSA 核酸及蛋白序列见图 1 (pre-HSA 核酸及蛋白序列)。

4、所构建基因 5'端含一 *Bam*HI 位点, *Bam*HI 位点与 ATG 之间含一 Kozak 序列 5'-CCACC-3',见图 2 (构建 pre-HSA cDNA 5'端 Kozak 序列)。3'端紧接终止密码子含一 *Eco*RI 位点,参见图 3 (构建 pre-HSA cDNA 3'端序列)。

二、HSA 在巴斯德毕赤酵母 (*Pichia pastoris*) 中的表达

1、重组表达质粒 pPKQ-HSA 的构建:

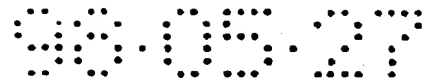
将 PUC19-HSA 克隆载体中 pre-HSA 基因片段用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切下,1%琼脂糖电泳分离,并用酚/氯仿回收。将约 2Kb 的 pre-HSA 基因回收片段,与用相同酶切的 pPIC3.5K 表达载体连接,转化 *E.coli* TG1 感受态细胞,涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA。所得质粒 DNA 用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切鉴定出重组质粒 pPKQ-HSA。

2、表达质粒 pPIC9-HSA 和 pPIC9k-HSA 的构建

设计引物 3:

5' CGCTCGAAAAGGGATTTGGGAGAAGAAAATTTCAAA 3'

用引物 3 和引物 1 从 PUC19-HSA 上 PCR 扩增 HSA cDNA 片段,酚



/氯仿抽提 PCR 产物后，用 *Xho*I 和 *Eco*RI 酶切回收。再与用相同酶切的 pPIC9 质粒连接，转化 *E.coli* TG1 感受态细胞。涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA。所得质粒 DNA 用 *Xho*I 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定重组质粒 pPIC9-HSA，

取 4 个经 *Xho*I 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定的重组克隆，制备高纯度质粒 DNA，采用 5'AOX1 primer 和 3'AOX1 primer (Invitrogen)，测定重组质粒 HSA cDNA 两端序列。结果有三个含完全正确的阅读框。经测序验证的 pPIC9-HSA 质粒用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 酶切并回收含 HSA 基因片段，与用相同酶切的 pPIC9k 质粒连接，转化 *E.coli* TG1 感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA，所得质粒 DNA 用 *Xho*I 和 *Eco*RI 双酶切鉴定得重组质粒 pPIC9k-HSA。

3、重组质粒 pPKQ-HSA 转化毕赤酵母细胞 GS115(his4Mut⁻)

毕赤酵母表达载体 pPKQ-HSA 和 pPIC9k-HSA 分别由 pPIC3.5K 和 pPIC9K 衍生而来，内含 G418 抗性基因，为多基因拷贝载体，可以在同一酵母细胞中整合多个基因拷贝，从而提高蛋白的表达量。同一转化细胞中整合基因的拷贝数与转化细胞对 G418 的抗性成比例。因此可以通过 G418 抗性筛选出不同基因拷贝数的重组细胞，获得高表达的重组菌株。将构建的重组表达质粒 pPKQ-HSA 和 pPIC9k-HSA 用 *Sa*I 或 *Bg*II 酶切线性化。同时将空载 pPIC3.5k 和 pPIC9k 质粒相同酶切线性化，酚/氯仿抽提回收并溶解于无菌水中。按照 Invitrogen, Pichia Expression Kit Instruction Manual (Version E) 方法电转化 GS115 细胞，涂布含不同浓度 G418 的 YPD 平板，获得不同 G418 抗性的阳性克隆，经 MD 平板验证 his⁺表型获得 GS115/HSA 重组克隆 S1B119。

4、重组克隆 *Pichia pastoris* GS115/HSA-S1B119 株细胞的表达

将筛选出的 GS115/HSA 重组细胞接种 3ml YPD 试管，30℃ 300rpm 培养过夜，再以 0.2%~0.5% 接种量接种 50ml BMGY, 30℃，300rpm 培养至 OD₆₀₀ 4~7。离心收集菌体悬于 15ml 含甲醇的 BMMY 培养液中，置 20-30℃ 摇床诱导培养，每 24hr 加甲醇至 0.5ml/L。定时取样，经 4℃ 离心，上清加入 PMSF 至 1mM，-20℃ 冻存。20ml 上清液经 10% SDS-PAGE 电泳，考马斯亮蓝染色，结果显示分子量 67KDa 部位有明显条带，如图 4。（SDS-PAGE 分析 HSA 的表达）。

（I:24hr 发酵液，II:48hr 发酵液，III:LMW 蛋白标准）Western-blot 分析证明其抗 HSA 抗体的免疫活性。火箭电泳测定上清液中 HSA 含量，如图 5。（火箭电泳测定 HSA 含量）（I: 标准 HSA<500ug/ml，II: 标准 HSA300ug/ml，III: 标准 HSA100ug/ml，IV: 标准 HSA50ug/ml，V-VII:48hr 发酵液）。HSA 分泌曲线如图 6。（低密度诱导 HSA 分泌

曲线)。诱导 2 天发酵液中 HSA 含量可达约 140mg/L。通过改变 BMMY 中诱导的菌体浓度,发现随菌体浓度的增加, HSA 分泌量几乎线性地增加(图 7.菌体浓度对 HSA 诱导的影响)。表明经过自动发酵罐中高密度诱导可获更高表达量。

三、表达 HSA 的分离纯化

HSA 的分离纯化已有较多报道, 但大多较为繁琐[U.S. Pat. 5440018, US Pat. 5369020]。我们发现重组巴斯德毕赤酵母细胞所表达的产物溶液中杂质较少, 主要为一些毒素和色素。本发明主要采用膜分离技术, 亲和层析技术结合其他方法除去杂质以高产率地获得高纯度 HSA。

HSA 分离纯化流程:

1、中空纤维柱

2L 低密度诱导发酵液除去细胞后,用截留分子量 10KDa-50KDa 的中空纤维柱除去低于 50KDa 的杂质并使浓缩到 0.2L 浓缩液。HSA 收率 $\geq 95\%$;

2、脱色

浓缩发酵液经 50℃ 保温后，加入 3% 活性炭或 732 等脱色树脂处理 10 分钟后离心除去，得脱色浓缩液；

3、疏水柱分离

浓缩发酵液或脱色浓缩液中加入固体 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 直至达 20 % 终浓度，并流过 20 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 平衡的 Phenyl-Sepharose 柱，上样后用平衡液洗涤至流出液 $\text{OD}_{280} < 0.01$ ，再改用水洗脱。收集用水洗脱的 HSA 蛋白，收率 $\geq 95\%$ ；

4、亲和层析除去杂蛋白

(1)无 HSA 发酵液抗血清 - Sepharose 的制备: 由 1、所得浓缩发酵液流经抗 HSA 抗体 - Sepharose 以除去 HSA。流出液为无 HSA 发酵液,按发明人论文[徐俊等,生物工程学报 1993,9(1)69-73]方法将无 HSA 发酵液制得的抗血清通过醛基结合于 Sepharose 上;

(2)将疏水层析纯化得到的水洗脱峰通过“无 HSA 发酵液的抗血清”亲和柱，直接流过的蛋白峰即为 HSA，回收率 $\geq 98\%$ ；

5、超滤脱盐

将亲和层析流出蛋白峰经截留分子量 10KDa 中空纤维或超滤膜组件中脱盐。可得纯度 $\geq 99\%$ 的 HSA，回收率 $\geq 98\%$ ；

6、真空冷冻干燥

脱盐后的 HSA 溶液真空冷冻干燥得到 HSA 样品。

按本发明方法制得的 HSA 经 10 % SDS - PAGE 凝胶电泳, 银染显色扫描分析表明, 纯度高于 99 %, 并且验证不含色素, 见图 8. (SDS-PAGE 分析纯化的 HSA)。

本发明的另一目的是提供了一种用于上述方法的菌株 GS115/HSA-SIB119，该菌种属巴斯德毕赤酵母 *Pichia pastoris*，已于 1998 年 5 月 5 日藏于“中国微生物菌种保藏委员会普通微生物中心”，保藏编号为 CGMCC No 0349。

实施例 1 pre-HSA cDNA 的获得

取 2 克人胚肝细胞，按照 Trizol RNA 抽提试剂盒推荐方法，从人胚肝细胞中抽提总 RNA。根据已知天然 HSA 基因 5' 和 3' 端序列，设计引物 (Primer) 如下：

引物 1: 5' CGGAATTCTTATAAGCCTAAGGCAGC 3'

引物 2: 5' CGGGATCCACCATGAAGTGGGTAACCTTTATTTCC 3'

以抽提的人胚肝细胞总 RNA 为模板，PCR 反转录合成血清白蛋白 pre-HSA cDNA。PCR 反应体系参照文献 (Scharf S. J., In PCR protocol: A Guide to Method and Application, 2nd ed. New York, Academic Press, USA 1990) 进行。反应条件为：

94 °C 变性 45 秒，

55 °C 退火 1 分钟，

72 °C 延伸 1 分 30 秒，

共 40 个循环，最后 72 °C 保温 10 分钟。PCR 产物经 1 % 琼脂糖电泳初步确证后，酚/氯仿抽提回收。得 5' 端为 *Bam*HI，3' 端为 *Eco*RI 的 PCR 产物。

按照 klenow 多聚酶推荐使用方法，将回收的 PCR 产物用 klenow 片段聚合酶补平。酚/氯仿回收补平产物。将补平的 PCR 产物与 *Sma*I 酶切的 PUC19 载体平端连接，连接反应体系如下：

PUC19 (<i>Sma</i> I 切)	1ul
5 × 连接缓冲液	3ul
T4 DNA 连接酶(1u/ul)	1.5ul
<i>Sma</i> I(1u/ul)	0.5ul
PCR 补平产物	5ul
H ₂ O	4ul

以上混合物 21 °C 连接 5 小时。所得连接产物转化 *E. coli* TG1 感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒 DNA。所得质粒 DNA 用 *Bam*HI 和 *Eco*RI 双酶切初步鉴定出重组质粒 PUC19-HSA。

实施例 2 表达质粒 pPKQ-HSA 的构建

将 PUC19-HSA 克隆载体中 pre-HSA 基因片段用 *Bam*HI 和 *Eco*RI

双酶切下，1%琼脂糖电泳，酚/氯仿回收约2Kb的pre-HSA基因片段。回收片段与用相同酶切的pPIC3.5K表达载体连接，连接反应如下：

pPIC3.5K (<i>Bam</i> HI, <i>Eco</i> RI 切)	1ul
5 × 连接缓冲液	3ul
T4 DNA 连接酶 (1u/ul)	1.5ul
pre-HSA	3ul
H ₂ O	6.5ul

以上混合物21℃连接5小时。所得连接产物转化*E. coli* TG1感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒DNA。所得质粒DNA用*Bam*HI和*Eco*RI双酶切鉴定得重组质粒pPKQ-HSA。

实施例3 表达质粒pPIC9K-HSA的构建

设计引物如下：

引物3：5' CGCTCGAGAAAAGGGATTTGGGAGAAGAAAATTTCAAA 3'

用引物3和引物1（见实施例1）从PUC19-HSA上PCR扩增HSA cDNA片段，扩增条件如同实例1。酚/氯仿抽提回收PCR产物，用*Xho*I和*Eco*RI酶切回收，与相同酶切的pPIC9质粒连接，连接条件同实例2。连接产物转化*E. coli* TG1感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒DNA。所得质粒DNA用*Xho*I和*Eco*RI双酶切初步鉴定重组质粒pPIC9-HSA。

取4个经*Xho*I和*Eco*RI双酶切初步鉴定的重组克隆。碱裂解法制备质粒DNA，采用5'A0X1 primer和3'A0X1 primer（Invitrogen），测定重组质粒HSA cDNA两端序列。测序方法按照Promega测序试剂盒推荐方法。结果有三个含完全正确的阅读框。将测序验证的pPIC9-HSA质粒用*Bam*HI和*Eco*RI酶切并回收含HSA基因片段，与用相同酶切的pPIC9K质粒连接，转化*E. coli* TG1感受态细胞，涂布氨苄青霉素板筛选阳性克隆。采用碱裂解法制备质粒DNA。所得质粒DNA用*Xho*I和*Eco*RI双酶切鉴定得重组质粒pPIC9K-HSA。

实施例4 表达质粒转化毕赤酵母GS115

将构建的重组表达质粒pPKQ-HSA和pPIC9K-HSA分别用*Sa*II或*Bg*III酶切线性化，同时将空载pPIC3.5K和pPIC9K质粒相同酶切线性化。酚/氯仿抽提回收并溶解于无菌水中。按Invitrogen手册介绍的方法（Invitrogen, Pichia Expression Kit Instruction



Manual<Version E>) 制备 GS115 电转化细胞。将上述约 5 μ g 线性化 DNA 分别与 80 μ l GS115 电转化细胞混合, 采用 Bio-Rad 电转化仪电击转化, 电转化条件为: 电压 1500V, 电容 25 μ F, 电阻 200 Ω 。电转化产物分别转移到一无菌微量离心管中, 立即加入 0.50ml $^{\circ}$ C 预冷 1mol/L 山梨醇, 30 $^{\circ}$ C 静置一小时, 加入 0.5ml YPD (10 g/L 酵母膏, 20 g/L 蛋白胨, 20g/L 葡萄糖) 后 30 $^{\circ}$ C 保温过夜。第二天快速离心去除上清, 加入 300 μ l 无菌水悬浮菌体。各取 100 μ l 涂布含不同浓度 G418 的 YPD 平板 (含 G418 各 0.5mg/ml, 1.0mg/ml, 1.5mg/ml), 30 $^{\circ}$ C 3 ~ 4 天后将阳性克隆点接 MD 平板验证 his⁺表型, 30 $^{\circ}$ C 2 天后的阳性克隆即为 *Pichia pastoris* GS115/HSA 重组克隆, 其中含 G418 浓度高的 YPD 平板上的阳性克隆整合入 HSA 基因的拷贝数也高。

实施例 5 HSA 在毕赤酵母中的表达

将筛选出的 GS115/HSA 重组克隆 S1B119 细胞接种 3 ml YPD 试管, 30 $^{\circ}$ C 300 r/min 摇床中培养过夜, 以 0.2 % 接种量加入含 50ml BMGY (10 g/L 酵母膏, 20 g/L 蛋白胨, 0.1 M 磷酸钾缓冲液 pH6.0, 13.4 g/L YNB, 4×10^{-4} g/L 生物素, 10 g/L 甘油) 的 250 ml 培养瓶中。30 $^{\circ}$ C 300 rpm 培养至 OD₆₀₀ 为 4~5。常温 5000 rpm 离心 4 min。收集的菌体用 15 ml BMMY (将 BMGY 中 10 g/L 甘油改变为 5 ml/L 甲醇) 悬浮后转移到 150ml 三角瓶, 28 $^{\circ}$ C 300 rpm 开始诱导。每 24 小时补加甲醇到 5 ml/L。并在 12、24、36、48、96 小时取样。4 $^{\circ}$ C 15000 rpm 离心 10 min 后, 上清立即加入 PMSF 至 1mM, 放 -20 $^{\circ}$ C 冻存。

实施例 6 表达 HSA 的分离纯化

1、抗 HSA 抗血清的获得 用 1mg/ml 的 HSA (Sigma) 与福氏完全佐剂乳化剂皮下多点注射免疫成熟雄兔。以后每 3 周用 1mg/ml 的 HSA 与福氏不完全佐剂乳化剂加强免疫。共 3 次加强免疫后采血, 分离上清并用 38 % 饱和度硫酸铵沉淀抗血清。

2、抗 HSA-Sepharose 4B 亲和柱制备 按文献 (徐俊, 祁俊, 袁中一. 生物工程学报, 1993, 9(1): 69-73) 制备醛基-Sepharose 4B 载体。将获得的兔抗 HSA 抗血清用 0.1mol/L pH7.5 的磷酸缓冲液透析后, 用透析液稀释到约 10 OD₂₈₀/ml。在 40g 抽干的醛基-Sepharose 4B 载体中加入 80ml 抗 HSA 抗血清中, 置 4 $^{\circ}$ C 冰箱搅拌过夜。凝胶用 0.5mol/L NaCl 洗涤 3 次后抽干, 抗 HSA-Sepharose 再置于 160ml 含 3.1mg/ml 氰基硼氢化钠的 1mol/L pH7.4 Tris-HCl 缓

冲液中，室温反应一小时。然后用大量水洗去未反应的氰基硼氢化钠。所得免疫吸附剂抽干浸泡于 0.02 mol/L pH7.2 磷酸缓冲液（含 0.9%氯化钠）备用。

3、表达 rHSA 的火箭电泳测定方法 以 2%含兔抗 HSA 抗血清的琼脂糖形成电泳凝胶，点样不同浓度标准 HSA 样品（50-500ug/ml）和待测样品各 5ul，120V 电泳 2 - 3 小时至沉淀峰明显。测量沉淀峰的高度。用标准样品峰高与 HSA 对应浓度关系制作标准曲线。根据标准曲线求算待测样品的 HSA 含量。

4、中空纤维柱浓缩 将 2L 诱导发酵液用孔径（MWC0）50000 道尔顿的中空纤维柱浓缩到 0.2L。Folin-酚法和火箭电泳测量前后总蛋白及 HSA 含量，结果经由中空纤维柱处理，可有效浓缩发酵液，HSA 含量为 1.33mg/ml。回收率 $\geq 95\%$ 。

5、脱色 100ml 浓缩发酵液加热至 50℃后搅拌下添加 3.0 克活性炭。继续搅拌 10 分钟。过滤除去活性炭，得到除去色泽的浓缩液。

6、Phenyl-Sepharose 疏水柱分离 中空纤维柱浓缩液 100ml 中加入固体硫酸铵到 20%终浓度。HSA/(NH₄)₂SO₄ 溶液流入硫酸铵平衡的 Phenyl-Sepharose 柱，上样后用 2 倍体积平衡液洗脱，流出液中不再有蛋白时改用双蒸水洗脱，收集用双蒸水洗脱 HSA。含量分析表明，经 Phenyl-Sepharose 处理 HSA 纯化近 10 倍，回收率超过 90%。

7、免疫亲和层析纯化 疏水层析纯化 HSA 峰 20ml 对 0.01mol/L、pH7.2 磷酸缓冲液（含 0.9%氯化钠）透析。无 HSA 发酵液的抗体 - Sepharose 4B 亲和柱依序以 0.1mol/L pH2.6 的 Gly-HCl 缓冲液 - 3mol/L 硫氰酸钾、0.01mol/L pH7.2 的磷酸缓冲液 - 0.9%氯化钠洗涤。上述透析平衡的 HSA 溶液（约 25ml）进入 HSA 亲和柱，用透析液洗涤出单一 HSA 峰。此 HSA 溶液 SDS-PAGE 电泳中银染呈现一条带。亲和柱先后用 0.1mol/L pH2.6Gly-HCl 缓冲液 - 3mol/L 硫氰酸钾、0.01mol/L pH7.2 磷酸缓冲液 - 0.9%氯化钠洗涤再生。HSA 回收率 98%

8、超滤脱盐 亲和层析漏出蛋白峰（约 30ml）经 MWC0 为 10000 道尔顿的小型超滤器脱盐。HSA 回收率 $\geq 95\%$ 。

9、真空冷冻干燥 将脱盐后的 HSA 溶液真空冷冻干燥得到 HSA 样品。

1:	ATG	AAG	TOG	GTA	AOC	TTT	ATT	TOC	CTT	CTT	TTT	CTC	TTT	AOC	TOG
	met	lys	trp	val	thr	phe	ile	ser	leu	leu	phe	leu	phe	ser	ser
					-20					-15					-10
16:	OCT	TAT	TOC	AGG	OGT	GTG	TTT	OCT	OGA	GAT	GCA	CAC	AAG	AGT	GAG
	ala	tyr	ser	arg	gly	val	phe	arg	arg	asp	ala	his	lys	ser	glu
					-5					1					
31:	GTT	OCT	CAT	OGG	TTT	AAA	GAT	TIG	GGA	GAA	GAA	AAT	TTC	AAA	OGC
	val	ala	his	arg	phe	lys	asp	leu	gly	glu	glu	asn	phe	lys	ala
46:	TTC	GTG	TTG	ATT	OGC	TTT	OCT	CAG	TAT	CTT	CAG	CAG	TGT	CCA	TTT
	leu	val	leu	ile	ala	phe	ala	gln	tyr	leu	gln	gln	cys	pro	phe
61:	GAA	GAT	CAT	GTA	AAA	TTA	GTG	AAT	GAA	GTA	ACT	GAA	TTT	GCA	AAA
	glu	asp	his	val	lys	leu	val	asn	glu	val	thr	glu	phe	ala	lys
76:	ACA	TGT	GTT	GCT	GAT	GAA	TCA	OCT	GAA	AAT	TGT	GAC	AAA	TCA	CTT
	thr	cys	val	ala	asp	glu	ser	ala	glu	asn	cys	asp	lys	ser	leu
91:	CAT	AOC	CTT	TTT	OGA	GAC	AAA	TTA	TOC	ACA	GTT	GCA	ACT	CTT	CGT
	his	thr	leu	phe	gly	asp	lys	leu	cys	thr	val	ala	thr	leu	arg
106:	GAA	AOC	TAT	OGT	GAA	ATG	OCT	GAC	TOC	TGT	GCA	AAA	CAA	GAA	OCT
	glu	thr	tyr	gly	glu	met	ala	asp	cys	cys	ala	lys	gln	glu	pro
121:	GAG	AGA	AAT	GAA	TOC	TTC	TIG	CAA	CAC	AAA	GAT	GAC	AAC	CCA	AAC
	glu	arg	asn	glu	cys	phe	leu	gln	his	lys	asp	asp	asn	pro	asn
136:	CTC	CCC	OGA	TTG	GTG	AGA	OCA	GAG	GTT	GAT	GTG	ATG	TOC	ACT	OCT
	leu	pro	arg	leu	val	arg	pro	glu	val	asp	val	met	cys	thr	ala
151:	TTT	CAT	GAC	AAT	GAA	GAG	ACA	TTT	TIG	AAA	AAA	TAC	TTA	TAT	GAA
	phe	his	asp	asn	glu	glu	thr	phe	leu	lys	lys	tyr	leu	tyr	glu
166:	ATT	CCC	AGA	AGA	CAT	OCT	TAC	TTT	TAT	CCC	CCG	GAA	CTC	CTT	TTC
	ile	ala	arg	arg	his	pro	tyr	phe	tyr	ala	pro	glu	leu	leu	phe

图 1



TTT GCT AAA AGG TAT AAA GGC GGT TTT ACA GAA TGT TGC CAA GCT
181: phe ala lys arg tyr lys ala ala phe thr glu cys cys gln ala

GCT GAT AAA GCT GGC TGC CTG TTG CCA AAG CTC GAT GAA CTT GCG
196: ala asp lys ala ala cys leu leu pro lys leu asp glu leu arg

GAT GAA GGG AAG GTT TUG TCT GGC AAA CAG AGA CTC AAG TGT GGC
211: asp glu gly lys ala ser ser ala lys gln arg leu lys cys ala

AGT CTC CAA AAA TTT GGA GAA AGA GCT TTC AAA GCA TGG CCA GTA
226: ser leu gln lys phe gly glu arg ala phe lys ala trp ala val

GCT GTC CTG AGC CAG AGA TTC GGC AAA GCT GAG TTT CCA GAA GTT
241: ala arg leu ser gln arg phe pro lys ala glu phe ala glu val

TGC AAG TTA GTG ACA GAT CTT ACC AAA GTC CAC ACG GAA TGC TGC
256: ser lys leu val thr asp leu thr lys val his thr glu cys cys

CAT GGA GAT CTG CTT GAA TGT GCT GAT GAC AGG GCG GAC CTT GGC
271: his gly asp leu leu glu cys ala asp asp arg ala asp leu ala

AAG TAT ATC TGT GAA AAT CAA GAT TCG ATC TCC AGT AAA CTG AAG
286: lys tyr ile cys glu asn gln asp ser ile ser ser lys leu lys

GAG TGC TGT GAA AAA GCT CTG TIG GAA AAA TCC CAC TGC ATT GCT
301: glu cys cys glu lys pro leu leu glu lys ser his cys ile ala

GAA GTG GAA AAT GAT GAG ATG GCT GCT GAC TTG GCT TCA TTA GCT
316: glu val glu asn asp glu met pro ala asp leu pro ser leu ala

GCT GAT TTT GTT GAA AGT AAG GAT GTT TGC AAA AAC TAT GCT GAG
331: ala asp phe val glu ser lys asp val cys lys asn tyr ala glu

GCA AAG GAT GTC TTC TTG GGC ATG TTT TTG TAT GAA TAT GCA AGA
346: ala lys asp val phe leu gly met phe leu tyr glu tyr ala arg

ACG CAT GCT GAT TAC TCT GTC GTG CTG CTG CTG AGA CTT GCT AAG
361: arg his pro asp tyr ser val val leu leu leu arg leu ala lys

ACA TAT GAA ACC ACT CTA GAA AAG TGC TGT GCT GCT GCA GAT GCT
376: thr tyr glu thr thr leu glu lys cys cys ala ala ala asp pro

CAT GAA TGC TAT GCT AAA GTG TTC GAT GAA TTT AAA GCT CTT GTG
391: his glu cys tyr ala lys val phe asp glu phe lys pro leu val

图1 续

90.05.27

406: GAA GAG CCT CAG AAT TTA ATC AAA CAA AAT TGT GAG CTT TTT GAG
 glu glu pro gln asn leu ile lys gln asn cys glu leu phe glu

 421: CAG CTT GGA GAG TAC AAA TTC CAG AAT GTG CTA TTA GTT CTT TAC
 gln leu gly glu tyr lys phe gln asn ala leu leu val arg tyr

 436: ACC AAG AAA GTA CCC CAA GTG TCA ACT CCA ACT CTT GTA GAG GTC
 thr lys lys val pro gln val ser thr pro thr leu val glu val

 451: TCA AGA AAC CTA CGA AAA GTG CCC AGC AAA TGT TGT AAA CAT OCT
 ser arg asn leu gly lys val gly ser lys cys cys lys his pro

 466: GAA GCA AAA AGA ATG CCC TGT CCA GAA GAC TAT CTA TCC GTG GTC
 glu ala lys arg met pro cys ala glu asp tyr leu ser val val

 481: CTG AAC CAG TTA TGT GTG TTG CAT GAG AAA ACG CCA GTA AGT GAC
 leu asn gln leu cys val leu his glu lys thr pro val ser asp

 496: AGA GTC ACC AAA TCC TCC ACA GAA TCC TTG GTG AAC AGG CGA CCA
 arg val thr lys cys cys thr glu ser leu val asn arg arg pro

 511: TCC TTT TCA GCT CTG GAA GTC GAT GAA ACA TAC GTT CCC AAA GAG
 cys phe ser ala leu glu val asp glu thr tyr val pro lys glu

 526: TTT AAT GCT GAA ACA TTC ACC TTC CAT GCA GAT ATA TCC ACA CTT
 phe asn ala glu thr phe thr phe his ala asp ile cys thr leu

 541: TCT GAG AAG GAG AGA CAA ATC AAG AAA CAA ACT CCA CTT GTT GAG
 ser glu lys glu arg gln ile lys lys gln thr ala leu val glu

 556: CTT GTG AAA CAC AAG CCC AAG GCA ACA AAA GAG CAA CTG AAA GCT
 leu val lys his lys pro lys ala thr lys glu gln leu lys ala

 571: GTT ATG GAT GAT TTC CCA GCT TTT GTA GAG AAG TCC TCC AAG GCT
 val met asp asp phe ala ala phe val glu lys cys cys lys ala

 586: GAC GAT AAG GAG ACC TGC TTT GGC GAG GAG GGT AAA AAA CTT GTT
 asp asp lys glu thr cys phe ala glu glu gly lys lys leu val

 601: GCT CCA AGT CAA GCT GGC TTA GGC TTA TAA
 ala ala ser gln ala ala leu gly leu •

图 1 续

98.05.27

5' GGA TCC ACC ATG AAG TGG GTA ACC TTT ATT TCC CTT CTT TTT 3'

met lys trp val thr phe ile ser leu leu phe

*Bam*H I Kozak seq.

图 2

5'--- GCC TTA GGC TTA TAA GAA TTC CG--- 3'

ala leu gly leu •

*Eco*R I

图 3

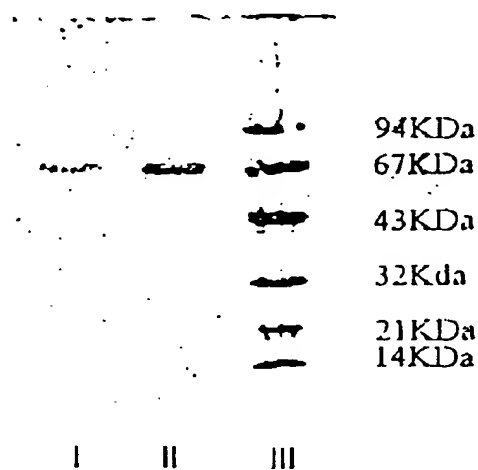


图 4

98.05.27

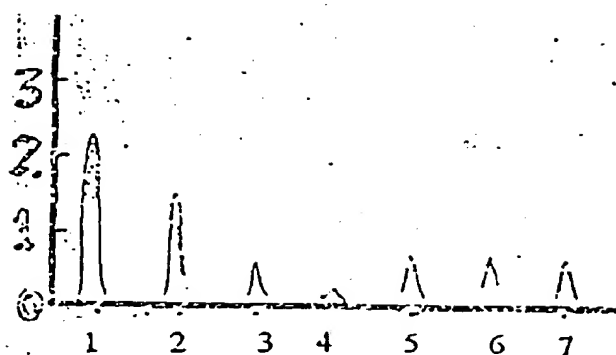


图 5

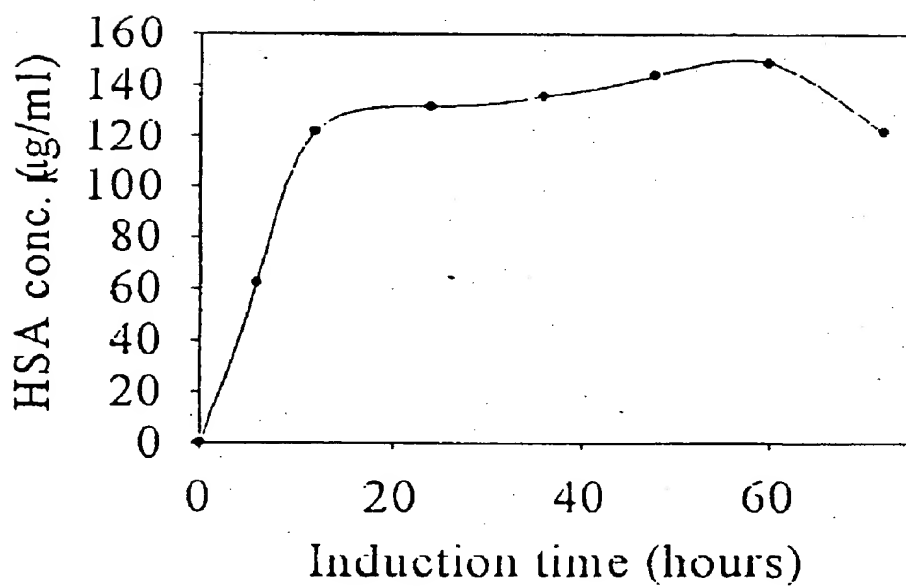


图 6

98.05.27

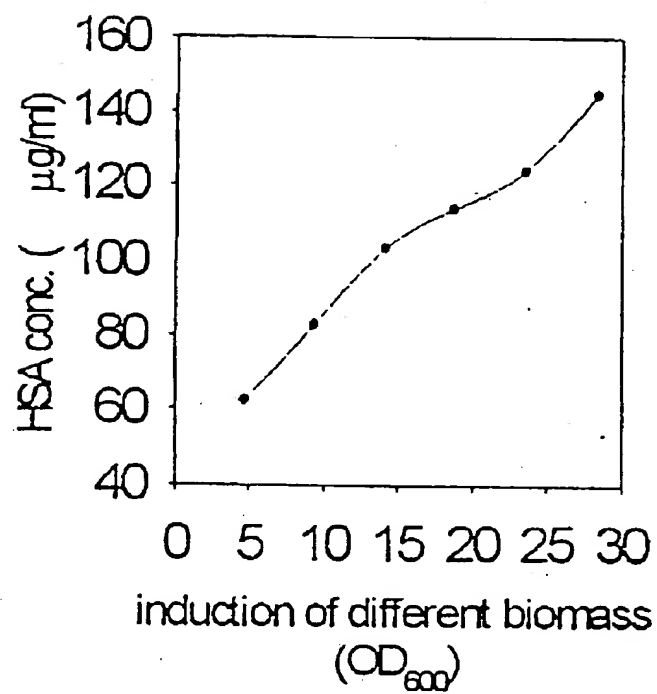


图 7

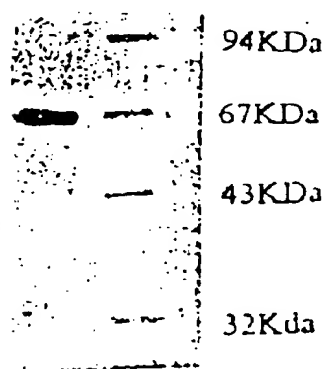


图 8